

und Charakter eines Chefgeologen bekleideten Geologen der Geologischen Staatsanstalt Dr. Heinrich Beck und Dr. Hermann Vettters zu Chefgeologen der VII. Rangsklasse, der mit dem Titel und Charakter eines Geologen bekleidete Adjunkt Dr. Gustav Göttinger zum Geologen in der VIII. Rangsklasse, der mit dem Charakter VIII. Rangsklasse bekleidete Adjunkt Dr. Oskar Hackl zum Chemiker der Geologischen Staatsanstalt in der VIII. Rangsklasse und der mit dem Titel und Charakter eines Adjunkten bekleidete Assistent Dr. Erich Spengler zum Adjunkten in der IX. Rangsklasse der Staatsbeamten ernannt.

### Eingesendete Mitteilungen.

**O. Ampferer.** Bemerkungen zu der Arbeit von R. Schwinner „Vulkanismus und Gebirgsbildung“.

In der Zeitschrift für Vulkanologie, Band V, ist unter dem genannten Titel eine Arbeit erschienen, die so wesentliche neue Standpunkte gewinnt, daß eine Besprechung derselben wohl gerechtfertigt erscheint.

Für eine genauere Inhaltsangabe ist hier kein Raum und kein Grund, da sich für alle Beteiligten das eingehende Studium der Originalarbeit nicht umgehen läßt.

Der Gedankenzug der Arbeit ist etwa folgender: Das räumliche und zeitliche Zusammentreffen von Vulkanismus und Gebirgsbildung macht einen tieferen Zusammenhang beider Erscheinungsformen recht wahrscheinlich.

Aus Schweremessungen wird geschlossen, daß die Unregelmäßigkeiten der irdischen Massenverteilung nur etwa 120 km tief reichen und von dort ab vollkommenes hydrostatisches Gleichgewicht herrsche.

Alle orogenetischen und epirogenetischen Vorgänge wären somit auf diese dünne, äußerste Kugelschale beschränkt, für welche Schwinner die Bezeichnung „Tektonosphäre“ vorschlägt.

Es wird nun gezeigt, daß der Energiehaushalt in dieser Tektonosphäre im wesentlichen aus Wärmebewegung besteht und von einer Größenordnung ist, daß damit spielend der tektonische und vulkanische Kraftverbrauch gedeckt werden kann.

Zum Vergleich für die Thermodynamik der Tektonosphäre wird diejenige unserer Lufthülle herangezogen, da ja die Wasserbedeckung keine geschlossene Hülle vorstellt.

Für die Ableitung der Mechanik der Erdoberfläche sind drei verschiedene Möglichkeiten gegeben. Entweder man schließt für das Erdinnere jede gegenseitige Verschiebung der Massenteilchen aus oder man nimmt solche Massenverschiebungen im Erdinnern an, die dann entweder als horizontale oder vertikale Strömungen auftreten können.

Aus der ersten Annahme folgt die Kontraktionshypothese, die Schwinner mit guten Gründen ablehnt. Damit ist also die Annahme von Strömungen in der Tektonosphäre zwingend, welche sich entweder als horizontale Ausgleichsströmungen infolge von Störungen des hydrostatischen Gleichgewichtes oder als vertikale Konvektionsströmungen infolge instabiler Wärmeschichtung geltend machen können.

Schwinner hält die horizontalen Strömungen in vielen Fällen verwirklicht, doch ihrem Energievorrat nach für unbedeutend. Er wendet seine Aufmerksamkeit in erster Linie den weit kräftigeren, vertikalen Strömungen zu und gibt dafür folgende Ableitung.

Stellen wir uns eine schwere, homogene Flüssigkeit in vollkommenem Gleichgewichte vor, also Druck, Temperatur und Dichte im selben Niveau überall gleich, senkrecht dazu von oben nach unten steigend, so wird die Dichte allenthalben nur von Druck und Temperatur bestimmt.

Denkt man sich nun in dieser Flüssigkeit ein isoliertes Teilchen nach aufwärts oder abwärts bewegt, so kann sich dasselbe bei der Ortsbewegung der zu- oder abnehmenden Dichte jeweils gerade richtig anpassen oder derselben vorausseilen oder hinter ihr zurückbleiben.

Vermag sich ein vertikal bewegtes Teilchen überall in die Dichte der Umgebung genau einzustellen, so haben wir eine indifferente Wärmeschichtung vor uns. Bleibt ein Teilchen aber beim Steigen immer schwerer als die Umgebung, beim Sinken immer leichter als diese, so liegt eine stabile Wärmeschichtung vor. Wird endlich ein Teilchen beim Steigen immer leichter als die Umgebung, beim Sinken immer schwerer als diese, so haben wir eine labile oder instabile Wärmeschichtung, in der ein kleiner Anstoß genügt, um eine große Konvektionsströmung auszulösen.

Als Normal- und Ruhezustand der Tektonosphäre betrachtet Schwinner eine indifferente Wärmeschichtung. Durch Wärmeabgabe nach außen soll daraus eine instabile Schichtung erzeugt werden, die allmählich gegen die Tiefe zu vordringt.

Infolge der hohen Reibungswiderstände ist es möglich, daß eine beträchtliche „Unterkühlung“ zustande kommt, bis endlich ein Anstoß genügt, eine große Konvektionsströmung in Gang zu bringen.

Durch diese Konvektionsströmung werden die tieferen Erdschichten abgekühlt, die höheren erwärmt, wobei in Anbetracht der ungeheuren Wärmekapazität der Tektonosphäre gewaltige Energiemassen zur Wirkung gelangen müssen.

Der Konvektionsstrom wird nur dann auftreten können, wenn sein Wärmetransport wesentlich rascher als jener durch Leitung verläuft.

Die radioaktive Wärmeproduktion dürfte den irdischen Wärmeverlust nur zum Teil ersetzen und also nur verzögernd auf die Vorgänge einwirken.

Das Strömungssystem in der Tektonosphäre gliedert Schwinner in: Antizyklonalgebiete = Konvektionsstrom aufsteigend, oben Abströmen nach allen Seiten, Wirbelbewegung im Sinne des Uhrzeigers; Zyklonalgebiete = Konvektionsstrom absteigend, oben Zuströmen von allen Seiten, Wirbelbewegung gegen den Uhrzeiger; Füllflächen, auf denen vertikale Strömungen fehlen und nur horizontale oder keine Bewegung stattfindet. Geologisch bedeuten die Antizyklonalgebiete Vulkan- und Zerrungsgebiete, die Zyklonalgebiete Faltengebirge und die Füllflächen die Großteile der Kontinente und Ozeane, welche nur indirekt von den orogenetischen Vorgängen mitgerissen werden.

Infolge der Drehung der Erde müssen die vertikalen Konvektionsströme und ihre Zu- und Abflüsse zu Wirbelbewegungen abgelenkt werden, und zwar entsteht um eine Zyklone ein von O über N nach S, also gegen den Uhrzeiger kreisender Wirbel, um eine Antizyklone ein entgegen verlaufender Wirbel.

Wenn dieser Mechanismus bestünde, so wäre damit eine sehr wichtige zeitliche Beziehung von tektonischen und vulkanischen Vorgängen gewonnen. Die Einordnung des Vulkanismus in das Gesamtströmungssystem ist als ein Massentransport von unten nach oben, häufig vereint mit Bruch- und Zerrungstektonik an der Erdoberfläche, gegeben. Im aufsteigenden Konvektionsstrom nimmt Temperatur und Wärme also auch der Druck ab. Damit ist die Veranlassung zu mannigfachen Entmischungen und Verschiebungen des chemischen Gleichgewichtes, also zu einer großen Reihe von Differenziationen gegeben.

Die aufsteigende Strömung breitet sich unter der passiven Erdkruste pinienartig in den Antizyklonalwirbel aus.

Hier entsteht an der Grenze von aktiver und passiver Zone ein trichterförmiger Raum, der allmählich mit den leichteren Differenziationsprodukten gefüllt wird. Diese Urmagmazonen soll dann erst den eigentlichen Vulkanherd bilden, dessen weitere Ausstöße in besonders günstigen Fällen bis zur Erdoberfläche gelangen.

Die Einordnung der Faltengebirge in das Strömungssystem ist hinwieder durch absinkende Massenbewegung gegeben, die sich an der Erdoberfläche als Auftürmung von Schubmassen über Verschluckungszonen ausprägt. Der Ort der Zyklone ist durch die Abbildung in den Verschluckungszonen der Faltengebirge also als langer, schmaler Streifen umrissen. Dieser Streifen kann entweder dem Querschnitt des absteigenden Konvektionsstromes entsprechen oder aber eine Zugstraße vorstellen, längs der sich eine Zyklone von rundlichem Querschnitt fortbewegt hat. Das erwiesene Fortschreiten der Gebirgsbildung in der Längsrichtung der Faltengebirge wäre damit vereinbar.

Die Zyklone selbst ist in bezug auf die Längsachse der Geosynklinale nicht symmetrisch, da diese zwischen zwei Krustenteile von verschiedenem physikalischen Verhalten, zwischen Ozean und Kontinent eingeschaltet ist.

Die Zuströmung von der Ozeanseite her greift in einem höheren Niveau an als jene unterhalb des Kontinents.

So entsteht auch hier wieder ein drehendes Kräftepaar, das bestrebt ist, die Falten und Schubmassen landeinwärts zu überschlagen. Schwinner kommt hier zu der Vorstellung, daß die in höherem Niveau angreifende ozeane Komponente das an der Erdoberfläche sichtbare Gebirge schafft, während die tiefere kontinentale Komponente an der Unterseite der Erdkruste ein analoges, gleichsam umgekehrtes Gebirge bildet, das in die aktive Zone hineinragt. Auch im absteigenden Konvektionsstrom müssen Verschiebungen des thermochemischen Gleichgewichtes und daher Differenziationen stattfinden, so daß der Vulkanismus in der Zyklone eine ebenso notwendige Erscheinung wie in der Antizyklone ist, aber hier weit seltener zur Oberfläche gelangt.

Die Zyklen und Antizyklen nehmen nur schmale Streifen der Erdoberfläche in Anspruch. Die „Füllflächen“, welche die Zwischenräume zwischen diesen Streifen einnehmen, werden von den horizontalen Verbindungsgliedern des Strömungssystems beherrscht oder bleiben in Ruhe.

Wo die horizontalen Stromlinien divergieren, tritt Zerrung, wo sie konvergieren Staung, wo die Geschwindigkeit wechselt, Blattverschiebung ein.

Wo die Erdkruste einer gleichmäßigen Strömung aufliegt, fehlt der Anlaß zu Dislokationen.

Die sogenannten „starren Schilde oder Massen“ werden als solche Gebiete begriffen, was an dem Beispiel der „böhmischen Masse“ näher erläutert wird.

Aus dem Umstand, daß die Faltengebirge und Vulkanreihen weithin den Umrißlinien der Kontinente folgen, leitet Schwiner die Abhängigkeit seines Strömungssystems von den Bedingungen der Erdoberfläche ab. Die Wärmeabgabe wird im Bereiche der Ozeane und Kontinente recht verschieden erfolgen.

Verstärkt wird dieser Gegensatz an jenen Stellen, wo der Kontinentalrand ein junges Faltengebirge trägt und das angrenzende Meer rasch zu großen Tiefen absinkt. Dies ist an allen Küstenstrecken von pazifischem Typus der Fall, die offenbar junge Gebilde der letzten orogenetischen Umwälzungen vorstellen.

Von diesen Stellen sollen auch wieder die neuen, orogenetischen Strömungen ihren Ausgang nehmen.

Das heißt, der pazifische Küstentypus regeneriert sich selbst und stellt also jene Seite des Kontinentes dar, welche periodisch durch Angliederung neuer Faltenzonen wächst und sich gegen den Ozean zu verschiebt.

Jede orogenetische Umwälzung würde so bereits die Vorbedingungen für die nächste, meerwärts anschließende Umwälzung schaffen.

Den ersten Impuls für das Strömungssystem bietet das Absinken der Geosynklinale (Vortiefe), das eine absteigende Strömung auslöst.

Von dieser pflanzt sich der Anstoß in Horizontalströmungen weiter und diese regen aufsteigende Strömungen an, die bei instabiler Schichtung sich zur Konvektionsströmung ausbilden, womit dann der Kreislauf geschlossen erscheint.

Zyklone und Antizyklone dürften sich annähernd das Gleichgewicht halten.

Bei der Anwendung dieses Erklärungsprinzipes ist festzuhalten, daß das Lagerungsbild stets das einer möglichen Strömung sein muß, deren Stromlinien von der vulkanischen Antizyklone zur Faltungszyklone in den durch die Wirbelbewegung bedingten Kurven ziehen und die auflastenden Erdschollen mit verfrachten.

Es kommen also als neue tektonische Leitelemente die zugeordneten gleichzeitigen Eruptivgebiete und die zugeordneten Bruchsysteme in Betracht. Als Beispiel wird die „Alpenknickung“ zwischen Rhein und Etsch herangezogen mit den Elementen: Verschluckungszyklone in Bünden, Antizyklen die Vulkangebiete in Schwaben und Venezien.

Der Schub würde also an der Etsch etwa von S gegen N verlaufen, in den Zentralalpen aber gegen W in den zyklonalen Wirbel von Bünden eintreten. Der Schub, welcher von der schwäbischen Antizyklone ausgeht, strebt am Rhein von N gegen S, um dann gegen O zu abzubiegen.

Der alpinen Faltung wäre die mächtige ungarische Antizyklone zugeordnet, von der aus von O gegen W gerichtete Schubbewegungen wohl verständlich wären.

Bezeichnet man nach Schwiner alle jene Krustenbewegungen, welche Teile eines erdumspannenden Strömungssystems mit wohl ausgebildeten Zyklonen und Antizyklonen sind, als orogenetische, so verbleiben alle übrigen Krustenbewegungen als epirogenetische.

Ihre Ursache ist nicht Instabilität der vertikalen Wärmeschichtung, sondern Abweichung vom Gleichgewicht wegen Dichte-, Druck-, Temperatur-, Stoffunterschieden, ihre Form, nicht die des großen Kreislaufes, sondern jene der lokalen Ausgleichsströmung.

Sie sind langsamer, sanfter, nicht auf schmale Zone und kurze Revolutionen beschränkt, sie ergreifen größere Räume und dauern längern. Der Hauptfaktor der irdischen Veränderungen sind jedoch die orogenetischen Prozesse.

Durch sie wird dem Kontinent eine Zone nach der anderen angeschweißt, einzig durch sie wird das Relief der Erdoberfläche verstärkt.

Langsam aber andauernd bröckeln die epirogenetischen Ausgleichsbewegungen Stein um Stein von diesem Bau. Auf der orogenetisch ruhigen Seite des Kontinents (atlantischer Küstentypus) haben sie die Oberhand, hier sinkt der Kontinent wieder zum mittleren Krustenniveau hinab. So scheint der Kontinent seine Größe nicht zu ändern, sondern nur durch Zu- und Abbau zu wandern.

Bis die Faltungszone aus dem NW Europas bis zur heutigen Lage, also etwa um die Breite des Kontinentes vorschritt, ist eine ungeheure geologische Zeit nötig gewesen.

Dies wäre in kurzen Umrissen das neue Bild, das Schwiner vom Verlaufe der geologischen tektonischen Erdgestaltung entworfen hat.

Bei der Prüfung dieser neuen Ideen auf ihre Anwendungsfähigkeit kommen geophysikalische und geologische Standpunkte in Betracht. Ich brauche hier nicht weiter auszuführen, daß ich mich mit Schwiner in der Annahme von Unterströmungen, Verschluckungszonen, in der Beurteilung der Starrheit von gefalteten und ungefalteten Zonen und so weiter in weitgehender Übereinstimmung befinde. Die letzte Zusammenstellung meiner hierhergehörigen Meinungen ist in den Mitteilungen der Wiener Geologischen Gesellschaft 1919 enthalten. Schwiner geht jedoch in mancher Hinsicht viel weiter, indem er die Verschluckungszonen als absteigende Wirbel, die Vulkane als aufsteigende miteinander zu verbinden und als eine große Wärmebewegung zu deuten versucht.

Hier liegen aber Bedenken im Wege, die erst wegzuräumen wären.

Zunächst ist die Annahme einer etwa 100 km dicken, flüssigen, aktiven Zone von homogener Beschaffenheit wohl sehr unwahrscheinlich, weil alles uns bekannte Magma eine feine, ungemein komplizierte Mischung so ziemlich aller bekannten Elemente vorstellt.

Deshalb ist aber die Möglichkeit von vertikalen Strömungen im Erdinnern durchaus nicht beseitigt, im Gegenteil ein derartig gemischtes Magma mit so ungleichen Bestandteilen enthält ja schon insofern einen gewaltigen Antrieb zu vertikalen Strömungen in sich als im Verhältnis zu einem normalen Schwerefeld schwere Bestandteile zu hoch und leichte zu tief gelagert sind.

Mögen nun auch die Ausscheidungen und Konzentrationen von schweren und leichten Elementen im allgemeinen sicherlich geologische Zeiträume in Anspruch nehmen, so wissen wir doch, daß sie unaufhaltsam geschehen.

Wenn E. Suess ganz allgemein von einer „Entgasung der Planeten“ spricht, so möchte ich dem hinzufügen, daß dieser Ausstoßung von leichten Elementen sehr wahrscheinlich eine entgegengerichtete Konzentration schwerer Elemente tiefenwärts zugeordnet ist.

Kann man sich also mit der Annahme von vertikalen Strömungen im Erdinnern wohl abfinden, so bleibt der Zusammenhang zwischen absteigenden und aufsteigenden Strömungen immerhin noch eigens zu beweisen, da ja jede für sich auch ausklingen kann.

Der zeitliche Zusammenhang ist kaum entscheidend, weil der Vulkanismus nach unserer Einsicht überhaupt noch nie auf der Erde zum Stillstand gekommen ist.

Bei dem räumlichen Zusammenfallen scheint auf den ersten Blick die Gleichstellung der langen, geschlossenen Faltungszonen mit dem punkt- oder schwarmförmigen Auftreten des Vulkanismus nicht überzeugend.

Immerhin ist aber darauf hinzuweisen, daß es in der Mechanik einer absteigenden und aufsteigenden Unterströmung begründet liegt, daß die erstere in der Abbildung durch die Erdoberfläche hindurch eine Verbreiterung, die letztere eine Verschmälerung erfährt. Es liegt dem die Mitwirkung der Schwere zugrunde, die in einem Fall helfend, im anderen hindernd miteingreift.

Die Vereinigung von zeitlicher und räumlicher Nachbarschaft von Gebirgsbildung und Vulkanismus legt aber ihre innere Verwandtschaft nahe.

Die Zu- und Abströmungen der beteiligten Massen werden, wie Schwiner mit Recht hervorhebt, unter dem Einfluß der Erddrehung wirbelförmige Bahnablenkungen erleiden. Natürlich darf man bei Bewegungen unter so schwerer Belastung und bei so hoher innerer Reibung nicht etwa an Drehgeschwindigkeiten von Luft- oder Wasserwirbeln denken.

Außerdem bleibt zu bedenken, daß sich die horizontalen Bewegungen von Unterströmungen nur durch Reibung auf die Erdoberfläche übertragen können und daher eine weitere Verlangsamung unvermeidlich ist.

Wesentlich besser steht es mit der Abbildungsfähigkeit von vertikalen Strömungen, wenn man auch hier nie vergessen darf, daß man mit einer Dicke der Erdhaut von 20--30 km zu rechnen hat. Es fragt sich nun, wie der geologische Befund sich zu der Annahme von wirbelförmigen vertikalen Unterströmungen verhält.

Deutlich ausgebildete Wirbelabbildungen sind in den uns zugänglichen Teilen der Erdhaut nicht bekannt geworden, doch gibt es eine Reihe von Bewegungsbildern, für deren Auflösung wirbelförmige Unterströmungen wohl in Betracht zu ziehen sind.

Ich möchte hier nur auf jene eigentümlichen Knickungen im Streichen einzelner Faltenstränge oder auch ganzer Gebirgsstreifen hinweisen, die ja nicht allzuselten vorkommen.

Des weiteren sehen wir besonders im kristallinen Grundgebirge sehr starke Verbiegungen, Schlingen, oft fast kreisförmig gedrehtes Streichen steilgestellter Schichtelemente.

Man hat hier die Wahl, entweder zwei zeitlich getrennte, zueinander ungefähr senkrecht verlaufende Schubbewegungen oder eine wirbelförmig drehende Unterströmung anzunehmen. Dasselbe gilt auch für die Deutung der im Streichen dachziegelartig einander übergreifenden Schubschollen. Hier könnte man drehende und zugleich in einer bestimmten Richtung fortschreitende Wirbel zur Erklärung benützen.

Eine Entscheidung ist in allen diesen Fällen wohl nur auf Grund erneuter, sorgfältiger Prüfung aller hier erkennbaren Bewegungsformen zu treffen.

Ob sich die bereits vielfach festgestellte Tatsache einer mehrphasigen Gebirgsbildung mit Zwischenschaltung von breiten Ruhe- und Abtragungspausen sowie die Langsamkeit des Wanderns der Faltung mit der Wirbelhypothese in Einklang bringen läßt, ist schwer zu überschauen.

Jedenfalls hat Schwinner das Verdienst, die Bedeutung von vertikalen Unterströmungen klar erkannt und die Wirbelmechanik in großem Stil in den Dienst der modernen Tektonik gestellt zu haben.

Die sehr schematische Ableitung der Entstehung der Vertikalströmungen und der Gegenbeziehung von Gebirgsbildung und Vulkanismus dürfte in dieser Form noch nicht bestandfähig sein, läßt aber für eine Weiterentwicklung genügend freien Spielraum.

Der Feldgeologie wird die Aufgabe zufallen, bei der Kartierung und Auflösung solcher und ähnlicher Bewegungsbilder auch diese neue Arbeitshypothese dauernd im Auge zu behalten.

### Dr. Ing. O. Hackl. Ein neues Nickel-Arsen-Mineral.

Ende des Jahres 1919 wurde dem chemischen Laboratorium der Geologischen Staatsanstalt ein Mineral von Herrn Prof. C. Dieuer zur Untersuchung überbracht, welches nach dessen Mitteilungen aus der Umgebung von Radstadt (in Salzburg) herstammte. Es war in schönen Würfeln von zirka  $\frac{1}{2}$  cm Seitenlänge kristallisiert, metallglänzend, mit weißer, ins Graue spielender Farbe. Dem Aussehen nach wurde es für Chloanthit gehalten und die qualitative Untersuchung